



**Silesian University
of Technology**

Department of Thermal Engineering
Faculty of Energy and Environmental Engineering
Silesian University of Technology, Poland

Experimental investigation of the solar pyrolysis of waste biomass

Ph.D. thesis of

Szymon Sobek, MSc, Eng.

Supervisor:

Dr hab. inż. Sebastian Werle, prof. PŚ, Silesian University of Technology

Gliwice, 2021

Streszczenie

W pracy doktorskiej przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych procesu solarnej pirolizy biomasy odpadowej realizowanych na zaprojektowanym przez Autora stanowisku badawczym napędzanym sztucznym promieniowaniem słonecznym. W pierwszych rozdziałach pracy przedstawiono przegląd literatury badań pirolizy solarnej oraz podstawowe zagadnienia teoretyczne samego procesu. W pracy Autor zaprezentował projekt reaktora pirolizy solarnej według oryginalnej koncepcji pośredniego ogrzewania biomasy przez przegrodę, odpowiadając na opisane w literaturze problemy strat ciepła w reaktorach wykonanych z materiałów transparentnych. Eksperymenty laboratoryjne przeprowadzono dla próbek trzech rodzajów biomasy odpadowej: drewna odpadowego, słomy odpadowej oraz osadów ściekowych.

Na zaprojektowanym stanowisku badawczym, zbadano i opisano przebieg pirolizy biomasy z uwzględnieniem: udziałów i jakości produktów pirolizy, pomiaru profili temperatur, szybkości nagrzewania próbek w trakcie trwania procesu oraz formacji głównych produktów gazowych. Udziały produktów wraz z wyznaczonymi wartościami ciepła spalania na podstawie ich składu pierwiastkowego pozwoliły na wyznaczenie współczynników konwersji energii chemicznej paliwa (biomasy). Oprócz wyników eksperymentalnych w pracy przedstawiono również metodykę wyznaczania parametrów kinetyki reakcji pirolizy badanych paliw na podstawie pomiarów termogravimetrycznych (TGA). Na podstawie informacji z najnowszej literatury wykorzystano aktualne metody kinetyczne ang. *model-fitting*, *deconvolution* oraz techniki izokonwersji.

W badaniach dla wszystkich rodzajów biomasy wykazano dominujący udział frakcji ciekłej tzw. bio olejów w produktach. Dzięki przyjętej metodyce pomiarów w pracy zdołano uzyskać gaz pirolityczny bogaty w wodór, jednakże o niskich udziałach w produktach procesowych, z udziałem masowym poniżej 12 %. Potwierdzono tezę, że piroliza solarna może być oryginalną metodą produkcji karbonizatów o dużej porowatości zależnej od parametrów prowadzenia procesu oraz rodzaju surowca wsadowego. W przypadku słomy przekroczenie temperatur topnienia popiołu w trakcie pirolizy spowodowało znaczną utratę powierzchni porowatej. Odnotowano również wzrost kaloryczności stałych produktów pirolizy solarnej biomasy lignocelulozowej w stosunku do pierwotnej energii chemicznej biomasy. Wyznaczenie wskaźników konwersji energii chemicznej biomasy pozwoliło stwierdzić, że jedynie piroliza solarna drewna zaowocowała wymiernym wzrostem zawartości energii chemicznej w produktach (+12%).

Proponowana metodyka wyznaczania parametrów kinetyki reakcji pirolizy oparta jest o połączenie metod izokonwersji oraz tradycyjnych metod opartych o modele reakcji. Metoda Friedmana dostarczyła cennych informacji na temat złożoności procesu pirolizy, oraz wartości parametrów początkowych do dalszych obliczeń. W wyniku obliczeń kinetycznych wykazano, że piroliza drewna odpadowego i słomy podlegała mechanizmowi 3 reakcji niezależnych rozkładów celulozy, hemiceluloz oraz ligniny. Ta sama metodyka

posłużyła do rozpoznania mechanizmu kinetyki pirolizy osadów ściekowych - modelu 10 niezależnych reakcji, których przypisanie do rozkładu substancji jest problematyczne z uwagi na złożoność składu samego osadu. Wyznaczone na podstawie otrzymanych parametrów modele kinetyczne pozwoliły przewidzieć zachowanie się próbek biomasy w reaktorze podczas eksperymentów w skali laboratoryjnej.